



**А.П. Белоусова**  
д-р геогр. наук  
профессор  
Институт водных проблем РАН<sup>1</sup>  
главный научный сотрудник  
apabel@iwr.ru, belanna47@mail.ru



**Е.З. Руденко**  
Институт водных проблем РАН<sup>1</sup>  
инженер  
helenalenaru@gmail.com

# Использование ресурсов подземных вод как надежного источника водоснабжения населения

<sup>1</sup>Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3.

*В статье рассмотрено современное состояние и использование ресурсов подземных вод страны, устойчивость ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке и методы ее оценки и районирования с использованием индикаторов и индексов их устойчивости. Оценено экологическое состояние подземных вод на водозаборах с использованием индексов опасности загрязнения, рассчитанных по предложенной методике, учитывающей ПДК и класс опасности конкретных загрязняющих веществ*

**Ключевые слова:** подземные воды; ресурсы; антропогенная нагрузка; устойчивость; индикаторы и индексы; опасность загрязнения

**П**роблема сохранения окружающей среды, наряду с проблемой государственной безопасности многих развитых стран, стала одним из важных аспектов глобальной проблемы устойчивого развития.

В документе «Охрана и рациональное использование природной ресурсной базы экономического и социального развития» на

первом месте стоит проблема обеспечения населения питьевой водой, доступа к основным санитарным услугам и управления водными ресурсами. В некоторых регионах мира наблюдается острейшая конкурентная борьба между странами за водные ресурсы для орошения и производства электроэнергии, которая, по всей видимости, еще более обострится по мере роста численности населения. Проб-

лема с пресной водой заключается не только в ее дефиците, но и в том, что попадание в воду вредных химических веществ ставит под угрозу ее качество и тем самым создает опасность для здоровья населения и биосферы. Наиболее серьезную и насущную проблему представляет собой то обстоятельство, что более чем у 1 млрд человек отсутствует доступ к безопасной питьевой воде, а половина мирового населения не имеет доступа к надлежащим санитарно-гигиеническим услугам. Согласно подсчетам, причиной 80% всех заболеваний в развивающихся странах служат отсутствие безопасной воды и плохие санитарно-гигиенические условия. Каждый год по этой причине умирает более 5 млн человек – в 10 раз больше, чем в среднем количество людей, ежегодно погибающих в войнах. Более половины таких жертв – дети [1].

Подземные воды в России (пресные и минерализованные) являются полезным ископаемым, которое имеет весьма широкое распространение и применение. Пресные подземные воды как один из компонентов природной среды являются в России всенародным достоянием и естественной основой социально – экономического развития общества и благосостояния населения. Они представляют собой один из видов природных ресурсов и обладают особым статусом как **стратегическое полезное ископаемое**.

В процессе водоотбора и эксплуатации они не только расходуются, но и вновь формируются под действием естественных и искусственно создаваемых факторов. Их технически сложнее эксплуатировать, чем поверхностные воды, но они намного чище речных и озерных, имеют практически постоянную температуру и распространены, в том числе и в регионах, где существует наибольший дефицит поверхностных вод.

Нерациональные методы эксплуатации этих водных ресурсов вызывают особую озабоченность. Россия обладает значительными водными ресурсами, которые превосходят имеющиеся потребности. В России при падении промышленного и сельскохозяйственного производства в 1990-х гг. эффективность использования водных ресурсов снижалась в промышленности, где удельное водопотребление на единицу произведенной продукции в денежном выражении выросло в 1,5 раза. Высокая доля загрязненных сточных вод обусловлена понижением эффективности очистных сооружений в период спада производства. Для России характерны сбросы загрязненных вод, связанные с авариями на

очистных сооружениях, а также нелегальные сбросы в обход очистных сооружений в ночное время. Это приводит к тотальному загрязнению поверхностных и многих подземных источников водоснабжения, в результате чего до 20% проб питьевой воды не соответствуют стандартам качества [2].

Экологическая безопасность России в контексте глобальных проблем устойчивого развития выглядит вполне благоприятной, но по мере выработки месторождений невозполняемых полезных ископаемых, увеличения темпов развития промышленности и антропогенной нагрузки на ОС эта ситуация может измениться. Вместе с этим экологическая безопасность России на национальном уровне, отдельных субъектов федерации на региональном уровне и некоторых территорий на локальном уровне является далеко не благополучной. В последние десятилетия в РФ принимаются различные нормативные документы, в которых говорится о необходимости обеспечения экологической, и в частности, химической безопасности ОС, которая является одним из важнейших направлений укрепления национальной безопасности РФ [3, 4].

#### **Состояние ресурсной базы и использование подземных вод [5]**

Прогнозные ресурсы пресных и частично слабосоленых подземных вод, которые могут быть использованы для питьевого водоснабжения, оцениваются в 350 км<sup>3</sup>/год. Ресурсный потенциал (прогнозные ресурсы) подземных вод РФ составляет 869,1 млн м<sup>3</sup>/сут. На территории РФ разведано 15 054 месторождения (участка) питьевых и технических подземных вод, из них в эксплуатации находится 70%. По состоянию на 01.01.2015 общие утвержденные запасы подземных вод составили 85,8 млн м<sup>3</sup>/сут, из которых 16% приходится на Московскую область (9,6 млн м<sup>3</sup>/сут) и Краснодарский край (4,4 млн м<sup>3</sup>/сут). Уровень использования разведанных месторождений подземных вод и их запасов пока остается низким. Степень разведанности прогнозных ресурсов (отношение запасов к прогнозным ресурсам) составляет в среднем по РФ 9,9%. Степень освоения разведанных запасов подземных вод (отношение добычи подземных вод к запасам) в целом по России составляет 15,8%.

В последние 10 лет на территории России наблюдается ежегодное сокращение общего объема добычи и извлечения подземных вод. За период 2000–2014 гг. суммарное значе-



ние водоотбора снизилось на 7,8 млн м<sup>3</sup>/сут, или на 23%, причем сокращение происходит в основном на участках недр с неоцененными запасами подземных вод.

Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление (использование подземных вод в расчете на 1 чел/сут) в 2014 г. в целом по России составило 96 л/(сут·чел), наибольшее – в Центральном федеральном округе 135 л/(сут·чел), наименьшее – в Северо-Западном федеральном округе 38 л/(сут·чел).

Степень освоения запасов подземных вод по территории РФ на 01.01.2015 в среднем составляет 15,8%. Ежегодно сокращается использование подземных вод на питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение населения России в среднем на 2–3%.

В подземных водах при промышленном типе загрязнения обнаруживаются практически весь перечень выявленных загрязняющих веществ как неорганических, так и органических; при сельскохозяйственном типе загрязнения наблюдаются преимущественно соединения азота, пестициды; при коммунальном типе загрязнения – соединения азота, железо, марганец, хлориды, фенолы; при загрязнении некондиционными природными водами – хлориды, сульфаты, железо, марганец, фтор, стронций.

На участках загрязнения подземных вод, сформировавшихся под влиянием промышленных объектов (промышленный тип загрязнения), преобладают содержания загрязняющих веществ в диапазоне 10–100 ПДК, максимальные значения достигают 1000 ПДК и более. Наиболее широко распространенными загрязняющими веществами в подземных водах в результате техногенного воздействия являются соединения азота и нефтепродукты.

На территориях с высокой степенью техногенной нагрузки чаще всего подвергаются загрязнению первые от поверхности водоносные горизонты, что создает проблемы при их эксплуатации.

### **Устойчивость ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке**

**Водная стратегия Российской Федерации**, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р, определяет основные направления деятельности по развитию водохозяйственного комплекса России, обеспечивающего устойчивое водопользование, охрану водных объектов, защиту от негативного воздействия вод, а также по формированию и реализации конкурентных преимуществ РФ в водоресурсной сфере.

В связи с этим для обеспечения устойчивого водопользования страны и ее экологической безопасности целесообразно использовать методы их оценки, базирующиеся на концепции устойчивого развития окружающей среды и отдельных ее компонентов. Такая структура индикаторов и индексов устойчивости ресурсов подземных вод разработана и подробно изложена в [6–7].

На основе индикаторов и индексов устойчивости ресурсов подземных вод разработана **методика субрегионального районирования территории по степени устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке**.

Рассмотрим некоторые подходы к районированию степени воздействия техногенной нагрузки на ресурсы подземных вод и степени их устойчивости под воздействием этой нагрузки. Таксонометрия районирования будет формироваться от субрегионального до субъектного уровней.

Предлагаем следующие градации (таксоны) районирования.

**Провинция** – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод по отношению к средним показателям по РФ.

Внутри этой градации выделяются следующие:

– **субпровинция** (субпр) – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод по федеральным округам (окр) по отношению к средним показателям по РФ. Ранжирование показателей проводится по **степени воздействия и состоянию** ресурсов подземных вод по всем выделенным таксонам районирования;

– **надпровинция** (надпр) – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод по субъектам федерации (суб) по отношению к средним показателям по РФ;

– **подпровинция** (подпр) – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод по субъектам федерации по отношению к средним показателям по федеральным округам к средним по РФ, т.е. к индексу по субпровинции;

– **область** (обл) – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод по субъектам федерации по отношению к средним показателям по федеральным округам.

**Район** (рн) – характеристика степени воздействия и состояния (устойчивости) ресурсов подземных вод среди субъектов РФ.

Следующим шагом субрегионального районирования является интегральная оценка устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке. Для этого проводятся дополнительные исследования:

- определение суммарных субрегиональных индикаторов воздействия и устойчивости (состояния). Для этого вводятся весовые значения каждого выделенного индикатора объекта субрегионального районирования от субпровинции до района;

- определение интегральных субрегиональных индикаторов благоприятности состояния ресурсов подземных в каждом субъекте РФ путем сложения суммарных субрегиональных индикаторов воздействия и устойчивости по каждому субъекту;

- установление степени суммарного воздействия и устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенному воздействию, и в зависимости от этого устанавливается степень благоприятности состояния ресурсов подземных вод в каждом субъекте: высоко благоприятное состояние; благоприятное состояние;

средне благоприятное; слабо благоприятное; неблагоприятное.

Полученные таким образом характеристики показаны на итоговой карте субрегионального районирования ресурсов подземных вод на территории РФ (рис. 1).

По суммарной степени воздействия на карте выделены: 53 субъекта РФ со средней степенью воздействия, 26 – с высокой и 4 – с очень высокой степенью воздействия. По суммарной степени устойчивости выделено: 10 субъектов РФ с очень высокой степенью устойчивости, 62 – с высокой, 9 – со средней и 2 – со слабой степенью устойчивости.

Итоговой (интегральной) характеристикой на карте субрегионального районирования (рис. 1) является степень благоприятности состояния ресурсов подземных вод по субъектам РФ.

Высоко благоприятным состоянием ресурсов подземных вод характеризуются 13 субъектов – Новгородская, Псковская, Астраханская, Кировская, Пензенская, Саратовская, Курганская, Тюменская, Кемеровская,

Рис. 1.

Карта субрегионального районирования РФ по степени устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке



Омская области, Республики Коми, Чувашия, Якутия (Саха).

Благоприятным состоянием характеризуются 46 субъектов РФ – г. Санкт-Петербург, Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Брянская, Ивановская, Калужская, Костромская, Курская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская, Ярославская, Волгоградская, Ростовская, Оренбургская, Самарская, Свердловская, Новосибирская, Амурская, Сахалинская области; Республики Карелия, Адыгея, Ингушетия, Башкортостан, Марий Эл, Мордовия, Татарстан, Удмуртия, Алтай, Бурятия, Тыва; Пермский, Алтайский, Красноярский, Камчатский, Приморский, Хабаровский края; автономные округа Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий.

Средне благоприятным состоянием характеризуются 19 субъектов РФ – г. Москва, Белгородская, Владимирская, Воронежская, Липецкая, Московская, Нижегородская, Челябинская, Кемеровская, Магаданская области; Республики Калмыкия, Дагестан, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия-Алания, Хакасия; Краснодарский и Забайкальский края; Ненецкий АО.

Слабо благоприятное состояние отмечено в 4 субъектах РФ – Калининградская область, Ставропольский край, Еврейский и Чукотский АО.

Один субъект РФ – Мурманская область отличается неблагоприятным состоянием ресурсов подземных вод в условиях антропогенного на них воздействия.

В результате субрегионального районирования получена комплексная характеристика состояния и устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке (водоотбору из водоносных горизонтов) на территории отдельных субъектов РФ по отношению к этим же условиям в целом на территории РФ и федеральных округов, к которым принадлежат эти субъекты.

Это позволило выделить проблемные субъекты РФ, на которых необходимо про-

водить дополнительные исследования по установлению причин сложившейся ситуации. Причинами могут быть как недостатки в оценке ресурсов и запасов подземных вод в отдельных регионах, так и нарушения проектных режимов эксплуатации месторождений и отдельных водозаборов пресных подземных вод (переэксплуатация) и др.

По данным субрегионального районирования, к числу проблемных субъектов РФ по степени благоприятности состояния ресурсов подземных вод следует отнести Мурманскую и Калининградскую области, Ставропольский край, Еврейский и Чукотский автономные округа.

**Оценка степени загрязнения и опасности загрязнения ПВ с использованием двух показателей качества**

Для совместного использования двух показателей качества подземных вод (ПДК и класса опасности загрязняющего вещества) предлагается следующий способ их объединения.

Опасность загрязнения подземных вод оценивалась по группам загрязняющих веществ. Все загрязняющие вещества были разделены на 3 основные группы по значению ПДК в питьевой воде по следующим диапазонам [8]:

- **I** – химические элементы, содержание которых в подземных водах не должно превышать 1,0 мг/л;
- **II** – химические элементы, содержание которых в подземных водах варьируется от 1,0 мг/л до 10,0 мг/л;
- **III** – химические элементы, содержание которых в подземных водах превышает 10,0 мг/л.

В **I** группу загрязняющих веществ входит большинство нормируемых химических элементов. Поскольку нижние пределы ПДК достигают 0,0001 мг/л (изменение значений ПДК на 4 порядка), эта группа была разделена еще на три подгруппы ЗВ: **Ia** – ПДК = 0,1–1,0 мг/л; **I б** – ПДК = 0,01–0,1 мг/л; **Iв** – ПДК < 0,01 мг/л.

**Таблица 1.** Значения весовых коэффициентов опасности ( $k_{wj}$ ) загрязняющих веществ

Группа загрязняющих веществ (группа) – весовой коэф.	Класс опасности загрязняющих веществ (весовой коэффициент)			
	1(4)	2(3)	3(2)	4(1)
(Iв – 5) – 5	4,5	4,0	3,5	3,0
(Iб – 4) – 4	4,0	3,5	3,0	2,5
(Ia – 3) – 3	3,5	3,0	2,5	2,0
(II – 2) – 2	3,0	2,5	2,0	1,5
(III – 1) – 1	2,5	2,0	1,5	1,0

Степень загрязнения и степень опасности загрязнения (категория)	Количество водозаборов по индексу загрязнения/индексу опасности загрязнения (по группам и подгруппам ЗВ)					Количество водозаборов по суммарному индексу загрязнения
	Iв	Iб	Iа	II	III	
1 (слабая)	8/3	6/1	36/17	66/53	62/53	105
2 (загрязненная)	1/4	3/4	14/25	2/15	2/10	25
3 (средняя)	4/3	3/3	23/23	1/1	-1	30
4 (сильная)	1/1	1/2	6/11	-	-	8
5 (очень сильная)	1/4	-3	6/6	-	-	7
6 (чрезвычайная)	-1	-	-3	-	-	1
Всего водозаборов	15	13	95	69	64	176

**Таблица 2.** Характеристика водозаборов по степени загрязнения и опасности загрязнения подземных вод в 2010 г.

Для оценки устойчивости качества подземных вод или опасности их загрязнения был введен весовой коэффициент для каждого загрязняющего вещества с учетом его ПДК и класса опасности.

Каждой группе и подгруппе присваивался класс весовой коэффициент (вес): III группа – 1, II группа – 2; и для подгруппы Iа – 3, Iб – 4, Iв – 5.

По принадлежности загрязняющего вещества к определенной группе по ПДК и классу опасности и соответствующим весовым коэффициентам устанавливается его весовой коэффициент опасности, рассчитанный как среднеарифметическое между весовыми коэффициентами группы и класса опасности вещества, значения которого приведены в **табл. 1**.

Оценка опасности загрязнения проводится с использованием индексов опасности загрязнения как одной из характеристик устойчивости окружающей среды к негативному воздействию, для чего и предлагается соответствующий индекс. Опасность загрязнения подземных вод оценивалась по вышеприведенным группам загрязняющих веществ [8].

Для каждой группы загрязняющих веществ рассчитывался групповой индекс опасности загрязнения ( $I_g$ ) по предложенному нами выражению [8]:

$$I_g = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{C}_i k_{wj})}{n} \quad (1)$$

где  $\overline{C}_i = C_i / ПДК_i$ ;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в подземных водах,  $n$  – количество загрязняющих веществ в  $j$ -той группе,  $k_{wj}$  – весовой коэффициент опасности для каждого загрязняющего вещества (**табл. 1**).

Групповой индекс является величиной безразмерной и объединяет загрязняющие вещества только одной из пяти групп, что позволяет анализировать загрязняющие вещества, ПДК которых изменяются в диапазоне одного порядка величин и могут характеризоваться одним уровнем опасности загрязнения подземных вод как компонента окружающей среды.

Групповой индекс опасности загрязнения определялся для каждого компонента окружающей среды (атмосферы, почв, грунтовых и напорных вод). Затем для каждого компонента окружающей среды рассчитывался суммарный индекс опасности загрязнения ( $I_s$ ) путем суммирования групповых индексов опасности загрязнения для каждого компонента окружающей среды. Путем сложения значений суммарных индексов опасности загрязнения отдельных компонентов окружающей среды определяется индекс опасности загрязнения окружающей среды ( $I_o$ ).

Для характеристики собственно источников загрязнения подземных вод определялся индекс источников загрязнения или индекс опасности загрязнения подземных вод ( $I_{он}$ ) как сумма суммарных индексов опасности загрязнения атмосферы и почв.

Также проанализировано существующее загрязнение подземных вод с расчетом соответствующего индекса  $I_{зн}$  путем сложения суммарных индексов опасности загрязнения грунтовых и напорных вод.

В **табл. 2** приведены данные обработки результатов мониторинга (МПП РФ) за подземными водами за 2010 год, на **рис. 2** – результаты этих оценок только для веществ одной группы.





Рис. 2.

Загрязнение скважин питьевого водоснабжения веществами группы 1а (ПДК 0,1–1,0 мг/л). Индекс загрязнения: 1 – слабо загрязненные и слабо опасные; 2 – загрязненные и опасные; 3 – средне загрязненные и средне опасные; 4 – сильно загрязненные и сильно опасные; 5 – очень сильно загрязненные и очень сильно опасные; 6 – чрезвычайно загрязненные и чрезвычайно опасные

**Выводы**

Подземные воды являются стратегическим ресурсом водообеспечения населения и составляющей частью общих водных ресурсов страны и жизнеобеспечивающей системы планеты. Это и диктует их особую роль в обеспечении не только экологической, но и социальной, экономической, промышленной и политической безопасности страны.

Подземные воды в России (пресные и минерализованные) являются полезным ископаемым, которое имеет весьма широкое распространение и применение. Пресные подземные воды как один из компонентов природной среды являются в России всенародным достоянием и естественной основой социально-экономического развития общества и благосостояния населения. Они представляют собой один из видов природных ресурсов и обладают особым статусом как **стратегическое полезное ископаемое**.

Для обеспечения устойчивого водопользования страны и ее экологической безопасности целесообразно использовать методы их

оценки, базирующиеся на концепции устойчивого развития окружающей среды и отдельных ее компонентов.

На основе индикаторов и индексов устойчивости ресурсов подземных вод разработана методика субрегионального районирования территории по степени устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке. Это позволило выделить проблемные субъекты РФ, на которых необходимо проводить дополнительные исследования по установлению причин сложившейся ситуации. Причинами могут быть как недостатки в оценке ресурсов и запасов подземных вод в отдельных регионах, так и нарушения проектных режимов эксплуатации месторождений и отдельных водозаборов пресных подземных вод (переэксплуатация) и др.

Проведена оценка степени загрязнения и опасности загрязнения подземных вод с использованием двух показателей качества подземных вод – ПДК и класса опасности загрязняющего вещества. ❊

## Литература

1. Доклад Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию. Йоханнесбург, 26 августа – 4 сентября 2002 г. Нью-Йорк. 2002. 90 с.
2. Подземные воды Мира: ресурсы, использование, прогнозы / Под ред. И.С. Зекцера. М.: Наука. 2007. 438 с.
3. Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых государств № 22-18 от 15.11.2003 о новой редакции Модельного закона об экологической безопасности. Доступно на: <http://docs.cntd.ru/document/901898829> (обращение 23.08.2017).
4. Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2010 г. и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ 04.12.2003 № Пр-2194). Доступно на: <http://www.rg.ru/2004/04/07/ximbezopasost-dok.html> (обращение 23.08.2017).
5. Информационный Бюллетень о состоянии недр на территории РФ в 2014 г. Вып. 38. М.: Геоинформмарк. 2015. 236 с.
6. Белоусова А.П. Региональная оценка устойчивости ресурсов подземных вод России при антропогенном воздействии за 2005–2010 годы // Недропользование XXI век. 2013. № 6. С. 84–89.
7. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. Методика субрегионального районирования территории по степени устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. № 1. С. 12–26.
8. Белоусова А.П., Руденко Е.Э. Подходы к оценке защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению при исследованиях различного масштаба // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 8. С. 50–63.

UDC 504.43

**A.P. Belousova**, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Water Problems RAS<sup>1</sup>, [anabel@iwp.ru](mailto:anabel@iwp.ru), [belanna47@mail.ru](mailto:belanna47@mail.ru)

**E.E. Rudenko**, Engineer, Institute of Water Problems RAS<sup>1</sup>, [helenalenaru@gmail.com](mailto:helenalenaru@gmail.com)

<sup>1</sup>3 Gubkin str. Moscow 119333 Russia

## Use of Groundwater Resources as a Reliable Source of Water Supply for the Population

**Abstract.** The article considers the current state and use of groundwater resources of the country, the sustainability of groundwater resources to the anthropogenic load and methods for its assessment and subdivision using indicators and indices of their sustainability. The ecological state of groundwater at water intakes is assessed using pollution hazard indices calculated according to the proposed methodology, taking into account the MPC and the hazard class of specific pollutants.

**Keywords:** groundwater; resources; anthropogenic load; sustainability; indicators and indices; hazard of contamination

### References

1. *Doklad Vsemirnoi vstrechi na vysshem urovne po ustoichivomu razvitiuu. Iokhannesburg, 26 avgusta – 4 sentiabria 2002 g.* [Report of the World Summit on Sustainable Development. Johannesburg, August 26 - September 4, 2002]. New York, 2002, 90 p.
2. *Podzemnye vody Mira: resursy, ispol'zovanie, prognozy* [Underground waters of the World: resources, use, forecasts]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 438 p.
3. *Postanovlenie Mezhpapramentskoi Assamblei gosudarstv-uchastnikov Sodruzhestva Nezavisimykh gosudarstv № 22-18 ot 15.11.2003 o novoi redaktsii Model'nogo zakona ob ekologicheskoi bezopasnosti* [Resolution of the Interparliamentary Assembly of the Member Nations of the Commonwealth of Independent States No. 22-18 of 15.11.2003 on the new edition of the Model Law on Environmental Safety]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901898829> (accessed 23 August 2017).
4. *Osnovy gosudarstvennoi politiki v oblasti obespecheniia khimicheskoi i biologicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii na period do 2010 g. i dal'neishuiu perspektivu (utv. Prezidentom RF 04.12.2003 № Pr-2194)* [The fundamentals of the state policy in the field of ensuring the chemical and biological security of the Russian Federation for the period until 2010 and for the future (approved by the President of the Russian Federation on 04.12.2003 No. Pr-2194)]. Available at: <http://www.rg.ru/2004/04/07/ximbezopasost-dok.html> (accessed 23 August 2017).
5. *Informatsionnyi Biulleten' o sostoianii nedr na territorii RF v 2014 g.* [Information Bulletin on the state of mineral wealth in the territory of the Russian Federation in 2014.], issue 38, Moscow, Geoinformmark Publ., 2015, 236 p.
6. Belousova A.P. *Regional'naia otsenka ustoichivosti resursov podzemnykh vod Rossii pri antropogennom vozdeistvii za 2005–2010 gody* [Regional assessment of the sustainability of groundwater resources in Russia under anthropogenic impact for 2005–2010]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil Use XXI Century], 2013, no. 6, pp. 84–89.
7. Belousova A.P., Rudenko E.E. *Metodika subregional'nogo raionirovaniia territorii po stepeni ustoichivosti resursov podzemnykh vod k antropogennoi nagruzke* [The method of subregional zoning of the territory by the degree of stability of groundwater resources to anthropogenic load]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water treatment. Water treatment. Water supply], 2015, no. 1, pp. 12–26.
8. Belousova A.P., Rudenko E.E. *Podkhody k otsenke zashchishchennosti i uiazvimosti podzemnykh vod k zagriazneniiu pri issledovaniiaakh razlichnogo masshtaba* [Approaches to assessing the vulnerability and vulnerability of groundwater to pollution in studies of various scales]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water treatment. Water treatment. Water supply], 2016, no. 8, pp. 50–63.